

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-110179

(43)Date of publication of application : 30.04.1993

(51)Int.Cl.

H01S 3/10

H01S 3/094

H01S 3/108

(21)Application number : 03-264749

(71)Applicant : HAMAMATSU PHOTONICS KK

(22)Date of filing : 14.10.1991

(72)Inventor : KOISHI YU

NAKAMURA TAKUYA

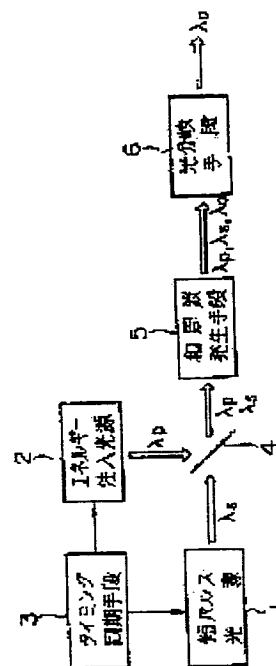
AOSHIMA SHINICHIRO

## (54) SHORT WAVELENGTH AND SHORT DURATION PULSE LIGHT SOURCE

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a small size and high power light source which can output a short wavelength and short duration pulse by outputting a sum frequency light as a short wavelength and short duration pulse light beam.

CONSTITUTION: The title pulse light source comprises a short pulse light source 1 and an energy injection light source 2. The light emission timings thereof are controlled to be synchronized by a timing period means 3. The short pulse beam from the short pulse light source 1 and the excited pulse beam from the energy injection light source 2 are coupled with a light coupling means 4 and are incident on a sum frequency light generating means 5. Letting the wavelength of the short pulse beam be  $\lambda_s$ , and the wavelength of excited pulse beam be  $\lambda_p$ , the wavelength  $\lambda_o$  of the sum frequency light from the sum frequency light generating means 5 is expressed as follow:  $1/\lambda_o = 1/\lambda_s + 1/\lambda_p$ . Only the sum frequency light of the wavelength  $\lambda_o$  is branched by a light branching means 6 and is then outputted to external circuits as an output pulse, that is, short wavelength and short pulse light beam.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-110179

(43)公開日 平成5年(1993)4月30日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

FI

技術表示箇所

H 0 1 S 3/10  
3/094  
3/108C 8934-4M  
8934-4M  
8934-4M

H 0 1 S 3/ 094

S

審査請求 未請求 請求項の数12(全 9 頁)

(21)出願番号

特願平3-264749

(22)出願日

平成3年(1991)10月14日

(71)出願人 000236436

浜松ホトニクス株式会社

静岡県浜松市市野町1126番地の1

(72)発明者 小石 結

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ  
トニクス株式会社内

(72)発明者 中村 卓也

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ  
トニクス株式会社内

(72)発明者 青島 紳一郎

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ  
トニクス株式会社内

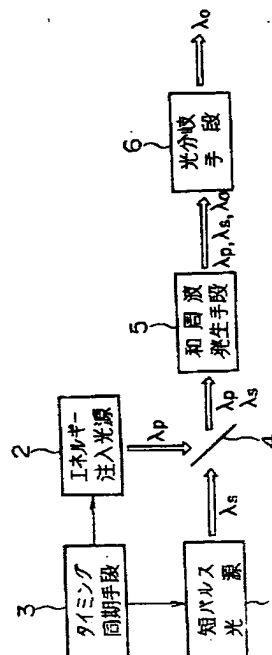
(74)代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

(54)【発明の名称】 短波長短パルス光源

(57)【要約】

【目的】 短波長短パルス光を出力する短波長短パルス光源を改良する。

【構成】 励起パルス光を発生させる第1の光源（エネルギー注入光源）と、励起パルス光より短パルス幅の短パルス光を発生させる第2の光源（短パルス光源）と、第1および第2の光源の発光タイミングを同期させる同期手段と、励起パルス光と前記短パルス光を入射することにより和周波光を発生させる和周波発生手段とを備え、和周波光を短波長短パルス光として出力する。



本発明の基本構成

**【特許請求の範囲】**

**【請求項1】** 励起パルス光を発生させる第1の光源と、

前記励起パルス光より短パルス幅の短パルス光を発生させる第2の光源と、

前記第1および第2の光源の発光タイミングを同期させる同期手段と、

前記励起パルス光と前記短パルス光を入射することにより和周波光を発生させる和周波発生手段と、

を備え、前記和周波光を短波長短パルス光として出力するようにした短波長短パルス光源。

**【請求項2】** 前記同期手段が、前記第1もしくは第2の光源の少なくとも一方の発光タイミングを調整することにより、前記和周波光の出力を最大とするよう構成されている請求項1記載の短波長短パルス光源。

**【請求項3】** 前記第1および第2の光源の出力光を結合させて前記和周波発生手段に入射する光結合手段を更に備える請求項1記載の短波長短パルス光源。

**【請求項4】** 前記和周波発生手段の出射光から和周波光のみを分離して出力する光分岐手段を更に備える請求項1記載の短波長短パルス光源。

**【請求項5】** 前記同期手段が、前記和周波発生手段に入射される前記励起パルス光および前記短パルス光の一部を受光する検出手段を含み、この検出手段の検出出力にもとづいて前記第1および第2の光源の少なくとも一方の発光タイミングを調整するよう構成されている請求項2記載の短波長短パルス光源。

**【請求項6】** 前記同期手段が、前記和周波発生手段の出力光の一部を受光する検出手段を含み、この検出手段の検出出力にもとづいて前記第1および第2の光源の少なくとも一方の発光タイミングを調整するよう構成されている請求項2記載の短波長短パルス光源。

**【請求項7】** 前記同期手段が、前記第1もしくは第2の光源の少なくとも一方の発光タイミングを可変に設定する手段を含み、前記和周波光の出力を所望のレベルとするよう構成されている請求項1記載の短波長短パルス光源。

**【請求項8】** 前記光結合手段が、前記和周波発生手段における前記励起パルス光と前記短パルス光の空間的な重なりを可変とするよう構成されている請求項3記載の短波長短パルス光源。

**【請求項9】** 前記第1の光源が、半導体レーザ励起Qスイッチ固体レーザからなる請求項1記載の短波長短パルス光源。

**【請求項10】** 前記第2の光源が、ピコ秒域の短パルス光を発生させる半導体レーザからなる請求項1記載の短波長短パルス光源。

**【請求項11】** 前記光結合手段がダイクロイックミラ一である請求項3記載の短波長短パルス光源。

**【請求項12】** 前記光分岐手段がダイクロイックミラ

一である請求項4記載の短波長短パルス光源。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

**【産業上の利用分野】** 本発明は短波長短パルス光源に関し、特に詳細には、和周波光を利用するものに関する。

**【0002】**

**【従来の技術】** 波長が500nm以下でピコ秒域の短波長短パルス光の発生技術として、高調波を利用するものと和周波光を利用するものが知られている。高調波を発生させるには、色素レーザなどの大型レーザ装置を使う方法や、高出力レーザ共振器内で発生させる方法（APL. 54 (17) PP. 1625~1627）、あるいは半導体レーザ（LD）光を非線形媒質からなる導波路に導く方法が用いられる。また、和周波光を発生させるには、高出力レーザ共振器内に非線形素子をセットし、高速変調したLDの出力光をミキシングする方法（信学技報、OQE90-37、APL. 54 (9) PP. 789~791など）が用いられる。

**【0003】**

**【発明が解決しようとする課題】** しかしながら、高調波発生による技術では、出力を大きくするためには色素レーザの如き大型の装置が必要になり、他方、導波路とLDを用いて小形化すると低出力になってしまう。また、LD励起固体レーザの共振器内部に非線形素子をセットし、励起用LDを変調する方法によると、レーザ媒質の蛍光寿命により速いスイッチングができず、短パルス光とならない。

**【0004】** これに対し、和周波光を利用するものとして、例えば特開平1-214082号のように、CW発振のLD励起固体レーザの共振器内部に非線形素子をセットし、高速変調したLDの出力光をミキシングする方法がある。しかし、これによると、LD励起固体レーザがCW発振ゆえにパワー密度を高くできず、変換効率は1%程度に止まる。また、パルス幅も5ns程度にしかならない。さらに、LD励起固体レーザの励起用LDに変調をかけた場合には、LD出力があまり大きくないので、非線形効果が小さく、また、LDの出力光を非線形媒質かレーザ媒質の一方にしか集光できないため両媒質中でパワー密度が上がらず、高出力が得られない。そこで本発明は、小型かつ大出力であって、短波長短パルス光を出力することが可能な短波長短パルス光源を提供することを目的とする。

**【0005】**

**【課題を解決するための手段】** 本発明に関わる短波長短パルス光源は、励起パルス光を発生させる第1の光源と、この励起パルス光より短パルス幅の短パルス光を発生させる第2の光源と、第1および第2の光源の発光タイミングを同期させる同期手段と、励起パルス光と短パルス光を入射することにより和周波光を発生させる和周波発生手段と、を備え、和周波光を短波長短パルス光と

して出力するようにしたことを特徴とする。

#### 【0006】

【作用】本発明の構成によれば、励起パルス光と短パルス光が同期して和周波発生手段に入射され、これによって和周波光が発生される。ここで、和周波光の波長は励起パルス光と短パルス光の波長に対応して十分に短波長となり、また、そのパルス幅は短パルス光のパルス幅に応じて十分に短くなる。また、励起パルス光と短パルス光のタイミングが一致すると和周波光の出力は最大となり、タイミングをずらすことで出力を可変にできる。

#### 【0007】

【実施例】以下、添付図面を参照して、本発明の実施例を詳細に説明する。

【0008】図1は本発明に係わる短波長短パルス光源の基本構成を示すブロック図である。この装置は、短パルス光源1とエネルギー注入光源2との2個のパルス光源を有し、その発光タイミングはタイミング同期手段3によって同期するようコントロールされている。短パルス光源1からの短パルス光とエネルギー注入光源2からの励起パルス光は光結合手段4によって結合され、和周波発生手段5に入射される。

【0009】ここで短パルス光の波長を $\lambda_s$ 、励起パルス光の波長を $\lambda_p$ とすると、和周波発生手段5からの和周波光の波長 $\lambda_0$ は、

$$1/\lambda_0 = 1/\lambda_s + 1/\lambda_p$$

となる。この波長 $\lambda_0$ の和周波光のみが光分岐手段6によって取り出され、出力パルスすなわち短波長短パルス光として外部に出力される。なお、この短波長短パルス光のパワーは、短パルス光のパワー $P_s$ および励起パルス光のパワー $P_p$ に比例している。

【0010】図2は上記構成の具体的実施例を示している。図1と対比すれば明らかなように、短パルス光源1は高出力短パルスLD光源10で構成され、エネルギー注入光源2はLD励起QスイッチYLFレーザ光源20で構成され、タイミング同期手段3はタイミング同期信号発生回路30で構成されている。また、光結合手段4は全反射ミラー41とダイクロイックミラー42で構成され、和周波発生手段5はBBO ( $\beta\text{-BaB}_2\text{O}_4$ ) やKTP ( $\text{KTiOPO}_4$ ) などの非線形素子50で構成され、光分岐手段6は分光器60で構成されている。なお、 $L_1$ 、 $L_2$ は集光レンズである。

【0011】このような構成では、励起パルス光の波長は $\lambda_p = 1047\text{ nm}$ であり、例えば短パルス光の波長を $\lambda_s = 900\text{ nm}$ とすると、短波長短パルス光の波長は $\lambda_0 = 484\text{ nm}$ となる。そして例えばLD励起QスイッチYLFレーザ光源20の出力を $10\text{ }\mu\text{ J}$ とし、高出力短パルスLD光源10の出力ピークパワーを $10\text{ W}$ 、非線形素子50の変換効率を $4\sim 5\%$ とすると、短波長短パルス光のピーク強度は $400\sim 500\text{ mW}$ となる。

【0012】このような最大出力の短波長短パルス光は、図3のように励起パルス光と短パルス光のピークのタイミングが一致する $t_0$ のときに得られ、 $t_1$ 、 $t_2$ では出力が小さくなる。また、 $P_0$ は $P_p$ と $P_s$ の積に比例するので、短波長短パルス光の強度をLD励起QスイッチYLFレーザ光源20の出力でコントロールすることができる。ここで、LD励起QスイッチYLFレーザ光源20はパルス光源であり、したがってCW光源に比べてパワー密度を大きくできるので、大出力の短波長短パルス光が得られる。

【0013】なお、図4(a)のように、励起パルス光ビームと短パルス光ビームを非線形素子50中でクロスさせるようにすれば、光結合手段4を設けることが不要になる。このとき、短波長短パルス光はスリット61を用いて取り出せばよい。なお、非線形素子50の出射端面に多層膜などでダイクロイックミラーを形成してもよい。非線形素子50には、チェレンコフ放射型の素子を用いてもよく、この場合には、図4(b)のように波長によって出射角が異なるので、アパーチャスリット61で分光できる。

【0014】次に、タイミング同期手段3の具体的な構成をいくつかの例について説明する。図5では、タイミング同期手段3はタイミング同期信号発生回路30と光検出器31により構成される。ここでは、励起パルス光と短パルス光が検出され、この検出出力にもとずき、タイミング同期信号発生回路30によるコントロールがされる。図5(a)では、光結合手段であるダイクロイックミラー42からの励起光と短パルス光のもれ光を利用している。図5(b)では、非線形素子50から出射された光から、ダイクロイックミラー44によって取り出された励起光と短パルス光を光検出器31に入射している。

【0015】次に、上記の光検出器31と同期コントロールの手法について説明する。図6では、高速光検出器46で、励起パルス光と短パルス光のパワーの和のピークを検出し、このピーク値が最大となるよう、発光タイミングをコントロールしている。なお、図5(b)の構成では励起パルス光と短パルス光の他に和周波光も同時に高速光検出器46で検出し、そのピークが最大となるよう発光タイミングをコントロールしてもよい。

【0016】図7では、高速光検出器46<sub>p</sub>で励起パルス光を検出し、高速光検出器46<sub>s</sub>で短パルス光を検出し、このピークの時間差 $\Delta t$ がゼロになるようコントロールしている。この場合には、ダイクロイックミラー44は波長 $\lambda_p$ を反射し、波長 $\lambda_s$ を透過する。なお、この時間差 $\Delta t$ の調整によって、短波長短パルス光のパワーを任意に調整できることは言うまでもない。

【0017】図8は、非線形素子50からの光の一部(数%)を分岐し、これから和周波光をフィルタ45で抽出し、高速光検出器46に入射して検出し、タイミン

グコントロールを行なう場合を示している。このようにすると、高速光検出器46の検出出力は、短パルス光と励起パルス光のピークの時間差 $\Delta t$ に依存して変化するので、出力パワーのコントロールができる。この場合、検出器には低速のものをを用いてもよい。

【0018】上記のようなタイミングコントロールを行なうことで、温度によって高出力短パルスLD光源10やLD励起QスイッチYLFレーザ光源20の発光タイミングがずれた場合でも、これを所望に補正でき、安定な動作をさせることができる。また、任意強度の出力を得ることもでき、例えば励起パルス光の出力が50%になるタイミングに短パルス光を合わせれば、短波長短パルス光を50%の出力にできる。そして、最大パワーからゼロパワーまでの間で、連続的に出力を変更できる。

【0019】このとき、短パルス光のピークのタイミングを、励起パルス光のピークの前に合わせるか後に合わせるかによって励起パルス光のエンベロープにもとづき、短波長短パルス光の立上がりシャープにしたり、立ち下がりシャープにしたりすることが可能になる。励起パルス光と短パルス光のタイミングをずらせることなく、短波長短パルス光のパワーを変えようとするためには、2つの光の空間的な重なり具合を変えさせればよく、この場合には、立上がり立ち下がりシャープさは変化しない。なお、これらを併用してもよく、このようにすれば短波長短パルス光の強度可変時の強度比を大きくできる。

【0020】上記のような強度の調整は、NDフィルタなどを用いる場合よりも有用である。なぜなら、NDフィルタを用いると分散によってパルス幅が広がってしまうが、本発明によれば、このような不利益は生じないからである。

【0021】さらに、本発明によれば、SHG（高調波）を用いる場合に比べて、多種の変換波長を得られる。すなわち、SHG法によれば、LD光が900nmなら出力光は450nm、LD光が830nmなら出力光は415nmにしかならないが、本発明によれば、LDはそのままエネルギー注入光源2を別の波長のものに変えるか、またはその逆を行なうかして、光源の組み

合わせを変えることで多様な出力波長が得られる。これを、図9に示す。ただし、この場合非線形素子50や光入射角度を適正にする必要がある。

#### 【0022】

【発明の効果】以上の通り、本発明では、励起パルス光と短パルス光が同期して和周波発生手段に入射され、これによって和周波が発生される。ここで、励起パルス光と短パルス光のタイミングが一致すると和周波光の出力は最大となり、タイミングをずらすことで出力を変えられる。このため、高効率で強度可変の短波長短パルス光を得ることのできる小型の短波長短パルス光源が提供できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の基本構成を示す図である。

【図2】実施例の基本構成を示す図である。

【図3】実施例の短波長短パルス光の生成原理を示す図である。

【図4】非線形素子50への励起パルス光と短パルス光の入射をしめす図である。

【図5】和周波発生手段5の構成を具体的に示した図である。

【図6】和周波発生手段5の構成の一例と作用を示す図である。

【図7】和周波発生手段5の構成の一例と作用を示す図である。

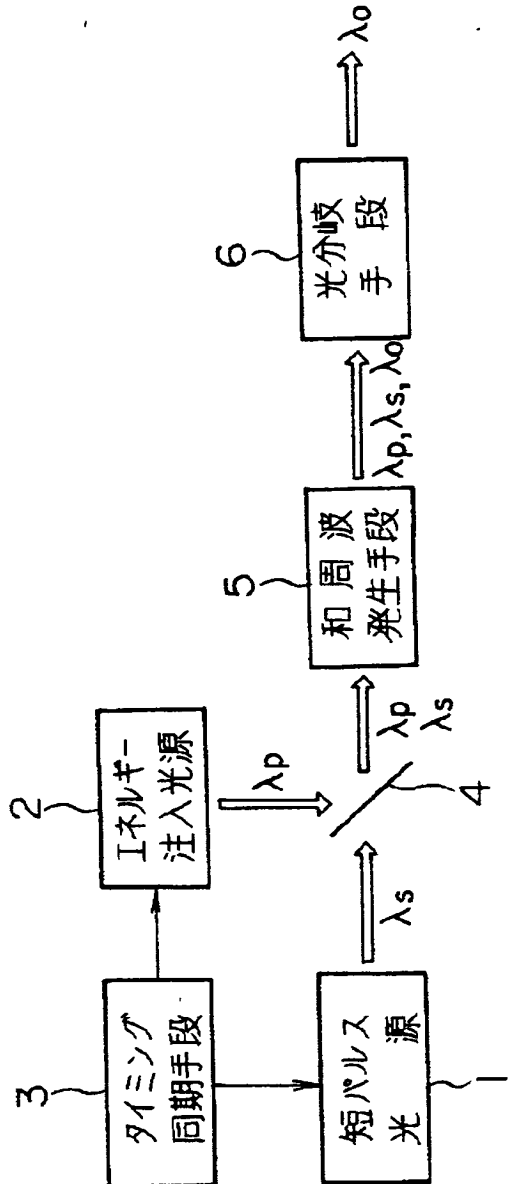
【図8】和周波発生手段5の構成の一例と作用を示す図である。

【図9】短パルス光源1とエネルギー注入光源2の組み合わせを示す図表である。

#### 【符号の説明】

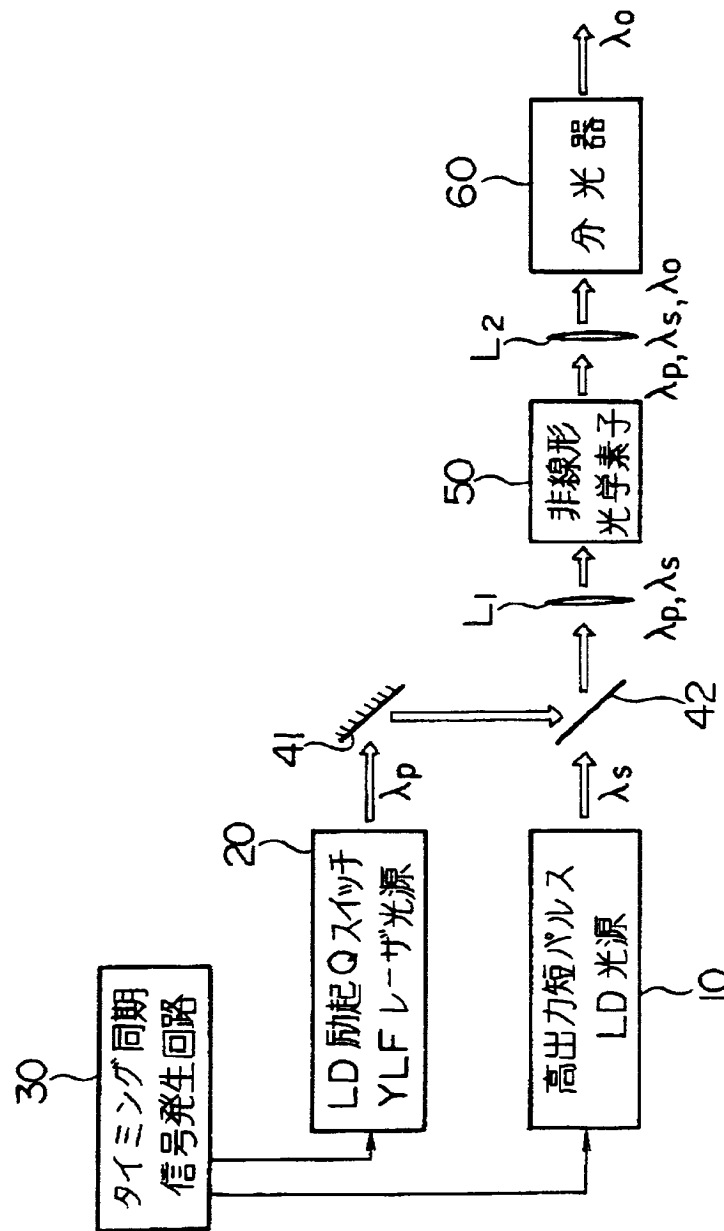
1…短パルス光源、10…高出力短パルスLD光源、20…エネルギー注入光源、20…LD励起QスイッチYLFレーザ光源、3…タイミング同期手段、30…タイミング同期信号発生回路、31…高速光検出器、4…光結合手段、42…ダイクロイックミラー、5…和周波発生手段、50…非線形素子、6…光分岐手段、60…分光器

【図1】



本発明の基本構成

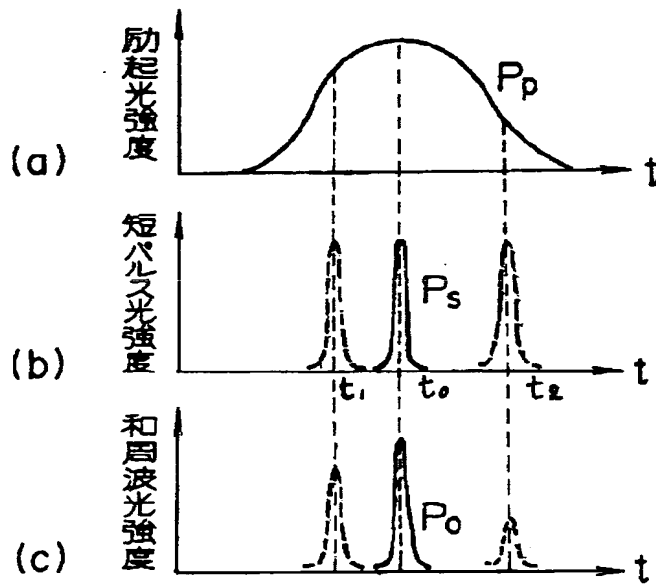
【図2】



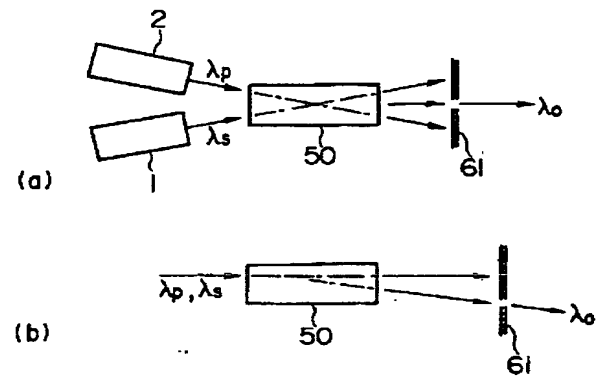
実施例の構成



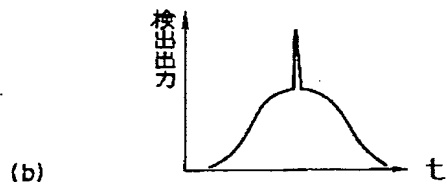
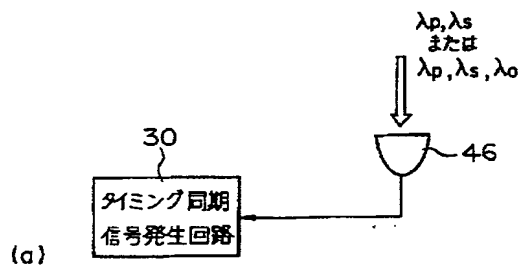
【図3】



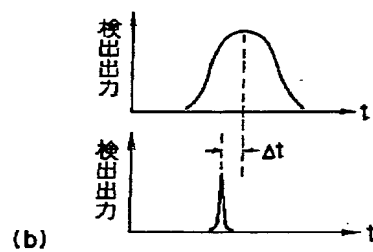
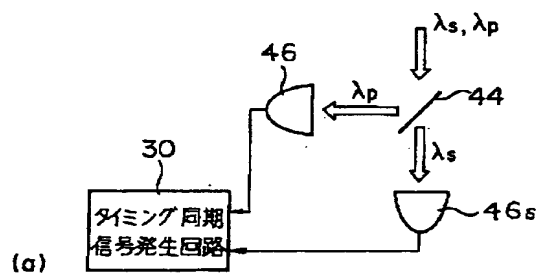
【図4】



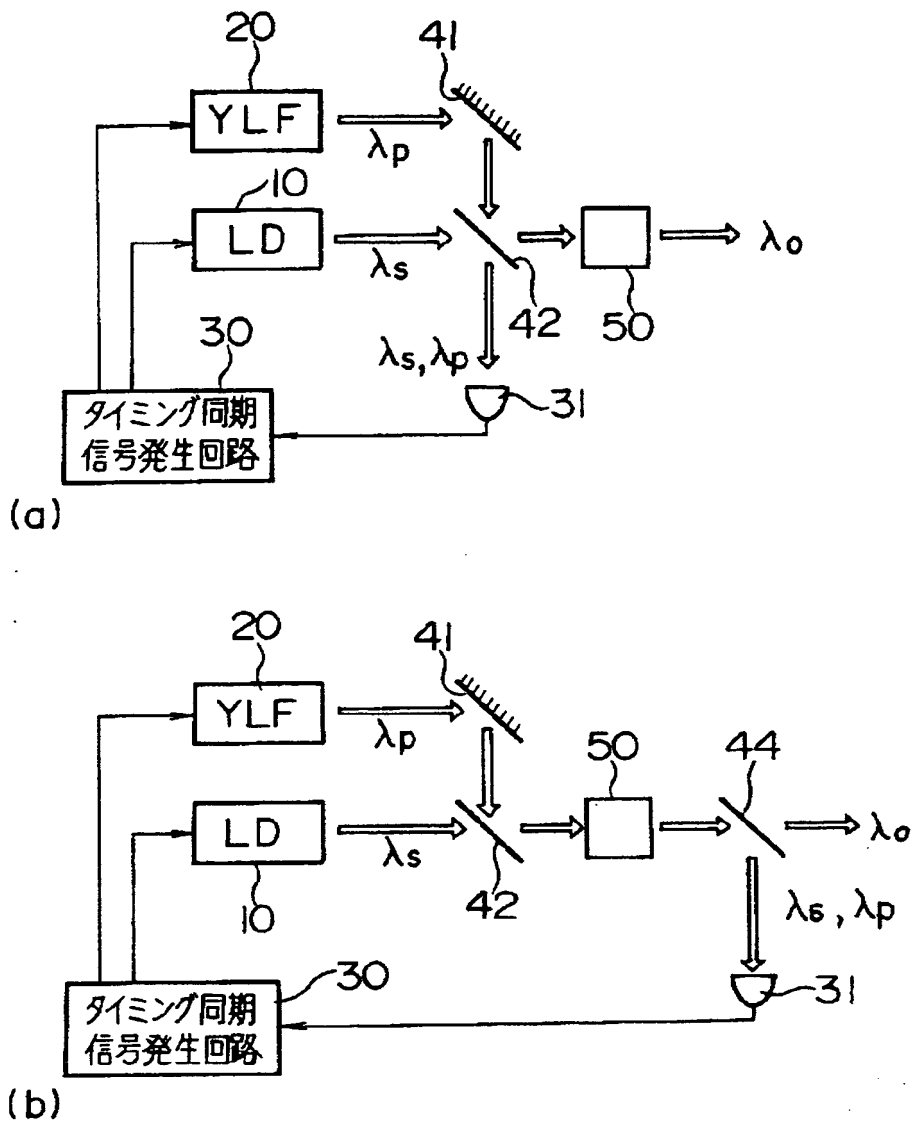
【図6】



【図7】



【図5】



【図9】

		エネルギー注入光源			
		Nd;YLF	Nd;YAG		Nd;Cr;GSGG
		1047	1064	1319	1061
短パルス光源 (LD)	780	447	450	490	449
	830	463	466	509	466
	900	484	488	535	487

単位: nm

【図8】

